

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-215076

(43)公開日 平成6年(1994)8月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/60	4 0 0 D	7623-5L		
15/66	3 3 0 H	8420-5L		
15/70	3 3 0 Z	9071-5L		
15/72	4 5 0 A	9192-5L		
H 0 4 N 7/13	Z			

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-5417

(22)出願日 平成5年(1993)1月14日

特許法第30条第1項適用申請有り 1992年7月16日、社団法人情報処理学会発行の「画像の認識・理解シンポジウムI」に発表

(71)出願人 000127695

株式会社エイ・ティ・アール通信システム
研究所
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地

(72)発明者 田中 弘美

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール通信シ
ステム研究所内

(74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外2名)

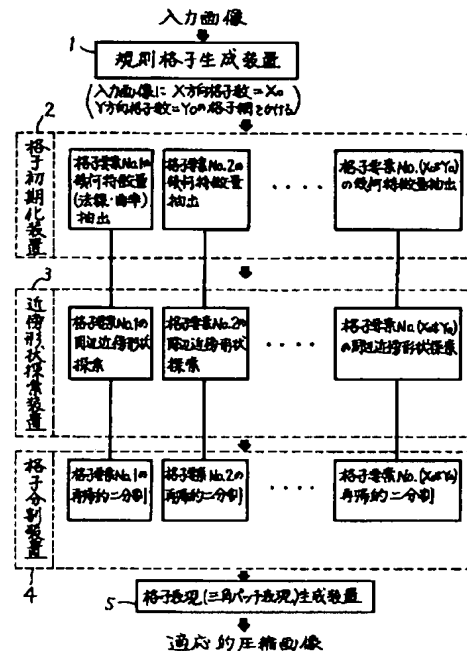
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像の適応的かつ階層的格子表現生成装置

(57)【要約】

【目的】 画像全体を対象として、その幾何学的特性に基づいて、適応的格子表現を生成する手段を用い、画像を適応的に圧縮・復元する。

【構成】 規則格子生成装置1によって、入力画像に対して正方規則格子面を定義し、格子初期化装置2では、格子面と各格子要素のデータ構造を初期化する。近傍形状探索装置3は、各格子要素の周辺近傍領域の形状変化を「外側方向」へ再帰的に探索し、格子分割装置4は、探索した結果に基づいて、各格子要素の境界から「内側方向」に再帰的に格子要素を分割する。格子表現生成装置5は、再帰的に分割された各格子要素から、入力画像の格子表現を生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 水平および垂直方向に等間隔かつ疎い格子幅で設定された初期規則格子面で入力画像を設定する格子初期化手段、

前記格子初期化手段によって設定された各格子点位置における画素値の幾何学的特徴量に基づいて、格子面を再帰的に分割し、画像の幾何学的特徴やその連続性や不連続性を忠実に反映する適応的かつ階層的格子表現を生成する階層的格子表現生成手段、および前記階層的格子表現手段によって生成された格子面を適応的に分割する過程で発生する近似多角形の隙間を回避するために、周辺近傍の幾何学的特徴変化を再帰的に探索する手段を備えた、画像の適応的かつ階層的格子表現生成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は画像の適応的かつ階層的格子表現生成装置に関し、特に、コンピュータビジョンやコンピュータグラフィックスの分野に属し、画像処理の技術を用いて距離、濃淡、カラー画像などその一般画像を三角パッチ表現し、画像通信を目的とした画像圧縮および復元、グラフィックス表示を目的とした任意形状物体のCADモデリングなどの技術分野に用いられるような画像の適応的かつ階層的格子表現生成装置に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来の画像の圧縮・復元は、画像の周波数解析に基づいた手法が一般的である。しかし、計算量的制約から、画像全体を対象とした周波数解析は困難であるため、入力画像を複数の矩形領域（ブロック）に分割して処理を行なう。しかし、ブロック間での解析結果の連続性が損なわれる問題を生じる。

【0003】一方、近年のコンピュータビジョンや画像処理の分野で、格子表現を用いて画像を圧縮（サンプリング）・復元する手法が提案されてきている。適応格子表現を生成する方法としては、規則格子の、各格子点位置を移動させる方法や、格子点数および連結関係を修正する方法が挙げられる。格子点を移動する手法では、対象表面の形状変化が不均一な場合には、広範囲にわたる格子点移動が起こり、全表面で均一な精度の格子表現を得るために、多大な計算時間を要する。また、格子点を増減する手法は、しばしば既存格子点間との連結関係が損なわれ、格子表現から得られる近似多角形にクラック（隙間）が発生するなどの問題点があった。

【0004】それゆえに、この発明の主たる目的は、画像全体を対象として、その幾何学的特性に基づいて、適応的格子表現を生成する手段を用いて画像を適応的に圧縮・復元することのできるような画像の適応的かつ階層的格子表現生成装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】この発明は水平および垂直方向に等間隔かつ疎い格子幅で設定された初期規則格子面で入力画像を設定する格子初期化手段と、格子初期化手段によって設定された各格子点位置における画素値の幾何学的特徴量に基づいて、格子面を再帰的に分割し、画像の幾何学的特徴やその連続性や不連続性を忠実に反映する適応的かつ階層的格子表現を生成する階層的格子表現生成手段と、生成された格子面を適応的に分割する過程で発生する近似多角形の隙間を回避するために周辺近傍の幾何学的特徴変化を再帰的に探索する手段を備えて構成される。

【0006】

【作用】この発明に係る画像の適応的かつ階層的格子表現生成装置は、適応的格子表現を、簡潔な分割手続の再帰的呼出しによって生成し、格子点集合とその連結関係から、隙間のない高精度の画像の多角形近似表現を時間的・空間的制限の下に、高速局所並列演算にて生成する。

【0007】

20 【実施例】図1はこの発明の一実施例の概略ブロック図である。この発明の一実施例において、対象画像は、レーザレンジファインダーなどで獲得される距離画像とし、その幾何学的特徴として、画素値の一次および二次微分を用いて算出される3D曲率（最大・最小主曲率）が用いられる。

【0008】図1において、規則格子生成装置1は、入力画像にX方向格子数 $=X_0$ 、Y方向格子数 $=Y_0$ の正方規則格子（面）を定義する。格子初期化装置2は、定義された格子（面）と各格子要素のデータ構造を初期化する。近傍形状探索装置3は、初期化された各格子要素の周辺近傍領域の形状変化を、「外側（領域境界線へ漸近する）方向」へ再帰的に探索する。格子分割装置4は、探索した結果に基づいて、各格子要素の境界から「内側（格子要素中心へ漸近する）方向」へ再帰的に格子要素を分割する。格子表現生成装置5は、再帰的に分割された各格子要素から入力画像の格子表現（三角パッチ表現）を生成する。

40 【0009】図2は初期格子幅の正方格子要素の二次元配列を示す図である。次に、図2を参照して、格子の初期化と階層構造について説明する。入力画像は、まず規則格子生成装置1によって、正方規則格子（面）を用いて初期分割される格子（面）が、図2（a）に示すように、初期格子幅の正方格子要素の二次元配列となる。格子初期化装置2は、各格子要素の初期化を行なう。各格子要素は、格子要素の4辺をそれぞれ基辺とする4個のルート三角形 $T_{r1}[i]$ 、 $i=0, 1, 2, 3$ の二進木構造から構成される。図2（b）に示した各二進木は、格子要素の各ルート三角形（を境界とする曲面領域）内の凹凸形状の階層構造を示す。各ルート三角形によって、全表面上の曲率値の分布曲線と3格子端点にお

3

ける曲率値の大きさから「曲率レベル n_0 」が設定される。

【0010】図3は格子表現から得られる近似多角形にクラックが発生した状態を示す図である。次に、図3を参照して、再帰的近傍形状の探索について説明する。図1に示した近傍形状探索装置3は、図3に示すように、格子表現から得られる近似多角形にクラックが発生することを避けるために、近傍形状を周辺方向に再帰的に探索した結果から、格子分割の必要性を判定する。各格子要素の二進木のリーフ（末端）三角形を現在の親三角形とする。ここで、親三角形は、以下の①～③の条件がいずれか満足された場合、左辺および右辺をそれぞれ基辺とした、左右子三角形に二分される。

【0011】① 基辺に沿った曲率レベル K_p が現在の分割深度 n （2進分割木の階層）より大きい。 *

$$d = \sum_{i=1}^k (\text{InitQuadSize}) \times (1/2)^i < \text{InitQuadSize} \quad \dots (1)$$

【0016】ただし、 $k = \lfloor n/2 \rfloor$ 、 InitQuadSize は初期格子幅である。図4は各格子要素を分割するために必要な近傍探索範囲を説明するための図である。上述の距離 d は漸近級数で与えられるので、探索距離の上限は、初期格子幅を越えることはない。したがって、各格子要素を分割するために必要な近傍探索範囲は、①各格子要素の4辺と隣接する4個の格子要素と、②各4端点で接する4個の格子要素の斜め半分で囲まれる（7（＝※

$$d_{\max} < \log \sqrt{2} (\text{InitQuadSize}) - \log \sqrt{2} (\text{MinQuadSize}) \dots (2)$$

ただし、 MinQuadSize は指定される最小格子幅である。

【0019】上述の説明により、各格子要素の分割は、限定された近傍領域内の形状によって完全に局所的に決定することができる。

【0020】図5は隣接する2格子要素を3階層の二進木構造に形成する過程を示す図である。図1に示した格子分割装置4は、近傍形状探索の結果に基づいて、親三角形の分割が決定された場合は、基辺の midpoint に新格子点 M を生成し、親三角形の左辺および右辺を基辺とした2つの子三角形に分割する。さらに、それぞれの左右子三角形を親三角形とし、再帰的に格子分割を繰り返す。図5には、隣接する2格子要素 $Q_d(i_0, j_0)$ 、 $Q_d(i_0, j_{0+1})$ が、その境界線に沿って曲率が高い場合（曲率レベル=3と設定された場合）に、 $Q_d(i_0, j_0)$ の $Tr[2]$ と $Q_d(i_0, j_{0+1})$ のルート三角形 $Tr[0]$ が、再帰的に3回分割され、3階層の二進木構造が形成された過程を示す（英字昇順に子三角形の生成過程を示す）。

【0021】図6は子三角形の生成に伴う親三角形の3★

$$n_{\max} \leq \log \sqrt{2} (\text{InitQuadSize}) - \log \sqrt{2} (\text{MinQuadSize}) \dots (3)$$

②と③の最大（最小）格子幅は、近似多角形の最大最小平面の大きさに対応している。したがって、格子分割深度は、画像の幾何学的特徴とともに、要求される「圧縮

4

*【0012】② 右辺に沿った曲率レベル K_r が現在の分割深度 $n+1$ より大きい。

③ 左辺に沿った曲率レベル K_l が現在の分割深度 $n+1$ より大きい。

【0013】上述の3つの条件のうち、①の条件は直ちに判定される。しかし、②および③の条件の判定は、①の条件が成立するまで、親三角形の左辺、右辺をそれぞれ基辺として左右子三角形を定義し、近傍形状を再帰的に探索した結果に基づいて行なわれる。

10 【0014】ルート三角形の基辺から、探索（再帰）深度 n の近傍探索領域の先端までの距離 d は、次の第（1）式で与えられる。

【0015】

【数1】

※ $5 + 1/2 \times 4) * \text{InitQuadSize}^2$ ）の大きさの領域内に限定できる。このため、各格子要素内での新格子点生成は、上述の近傍探索範囲を越えて影響を及ぼさないことが証明される。

【0017】探索（再帰）深度の上限は、最大（初期）格子幅と最小格子幅とによって次の第（2）式以下に限定される。

【0018】

★格子点と基辺の midpoint の継承規則を示す図である。現在の親三角形の再帰深度を n とすると、子三角形の再帰深度、基辺長、左辺長および右辺長は、 $n+1$ 、 l_{n+1} （ $= (\text{InitQuadSize} * (1/\sqrt{2}))^{n+1}$ ）、 l_{n+2} （ $= (\text{InitQuadSize} * (1/\sqrt{2}))^{n+2}$ ）である。格子分割の再帰深度が1度増すごとに、格子要素（quad）の4個の三角パッチの各辺長が $1/\sqrt{2}$ に縮小され、三角パッチ数が2倍に増加される。

【0022】正三角形の生成に伴う、親三角形の3格子点（ p_0, p_1, p_2 ）と基辺の midpoint M の継承規則を図6（a）に示す。格子点継承規則に従って生成された、左子三角形の第1点（基辺左端点）の変遷過程を図6（b）に示す。格子分割（再帰）深度は、①格子要素の曲率レベル K 、②最大（初期）格子幅 InitQuadSize および③最小（最終）格子幅 MinQuadSize により決定される。その上限 n_{\max} は第（3）式で表わされる。

【0023】

・復元精度」により決定される。上述の説明により、格子表現（三角パッチ表現）生成装置5は、各格子要素にて $O(\log n)$ の局所並列演算により適応的に分割

5

生成された格子要素内の三角パッチ集合を用いて、入力画像の格子表現（三角パッチ表現）を生成する。

【0024】この発明による適応格子生成アルゴリズムをC言語で生成した実験結果について図7～図11を参照して説明する。この実験には、男性と女性の2つの実顔距離画像を用いた。

【0025】図7は顔画像の形状を記述した状態を示す図であり、特に、図7(a)は原距離画像を示し、

(b)は幾何特徴量抽出結果（主曲率・主曲率方向）を示し、(c)は曲率の高い領域点（ $\sqrt{(k_1^2 + k_2^2)} > 0.015$ ）を示す。

【0026】図9は初期格子幅 Δ_0 （＝32ピクセル）の正方格子要素を、再帰的に2分割し、適応格子表現を生成した結果を示し、図9、図10および図11は各再帰深度における格子表現を、(a)ワイヤフレーム（適応メッシュ）表示、(b)多角形近似（フラット・シェーディング）表示および(c)各格子点で復元された法線を用いて近似多角形を陰影処理をした結果（スムーズ・シェーディング）を示す。

【0027】この実験では、各再帰深度1、深度2、深度3における格子点数（＝最終適応格子点#used / 近傍形状探索のため生成された格子点#total）は、それぞれ1083 / 2386点、1670 / 4751点、2483 / 9224点であった。計算時間は、表1に示すように、再帰深度1、深度2、深度3で、それぞれ8秒、13秒、28秒であった。

【0028】

【表1】

30

6

	Face 5				Face 12				size of facet (length of base side)	#facet/ quad
	time	#facets	#nodes used/total	depth	time	#facets	#nodes used/total	depth		
2^2	5	1130	642/1230	0	5	1102	620/1202	0	Δ_0	2^2
2^3	8	2129	1155/2429	1	8	2008	1083/2386	1	$\Delta_0/\sqrt{2}$	2^3
2^4	13	3245	1738/4820	2	13	3142	1670/4751	2	$\Delta_0/2$	2^4
2^5	29	4591	2429/9023	3	28	4749	2483/9224	3	$\Delta_0/2\sqrt{2}$	2^5

【0029】

【表2】

#facet/ quad	size of facet (length of base side)	Face 12			Face 5		
		#nodes	#facets	time	#nodes	#facets	time
2^3	$\Delta_0/2\sqrt{2}$	5146	9618	35	5194	9655	37

【0030】表1と表2の規則格子を用いた結果と比較して、格子点および三角パッチ数（#facets）を約47%に減少し、同一精度（多角形近似表現）を達成できたことが確認できる。

【0031】なお、上述の実施例では、距離画像を用いた場合について説明したが、これに限ることなく、濃淡画像、カラー画像などの一般画像の適応的圧縮・復元に

も適用することができる。

【0032】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、任意画像全体を、その幾何学的特性に基づいて、適応的に圧縮・復元することができ、画像通信などの分野において、効率よく高精度に利用できる。

【図面の簡単な説明】

50

【図1】この発明の一実施例の概略ブロック図である。

【図2】初期格子幅の正方格子要素の二次元配列を示す図である。

【図3】格子表現から得られる近似多角形にクラッドが発生した状態を示す図である。

【図4】各格子要素を分割するために必要な近傍探索範囲を説明するための図である。

【図5】隣接する2格子要素を3段階の二進木構造に形成する過程を示す図である。

【図6】子三角形の生成に伴う親三角形の3格子点と基

【図7】顔画像の形状を記述した状態を示す図である。

【図8】初期格子を用いた形状復元結果を示す図であ

る。

【図9】2分割適応格子を用いた形状復元結果を示す図である。

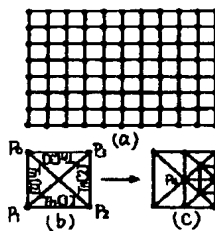
【図10】4分割適応格子を用いた形状復元結果を示す図である。

【図11】8分割適応格子を用いた形状復元結果を示す図である。

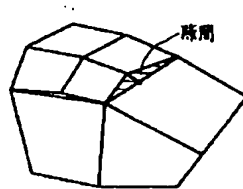
【符号の説明】

- 1 規則格子生成装置
- 2 格子初期化装置
- 3 近傍形状探索装置
- 4 格子分割装置
- 5 格子表現生成装置

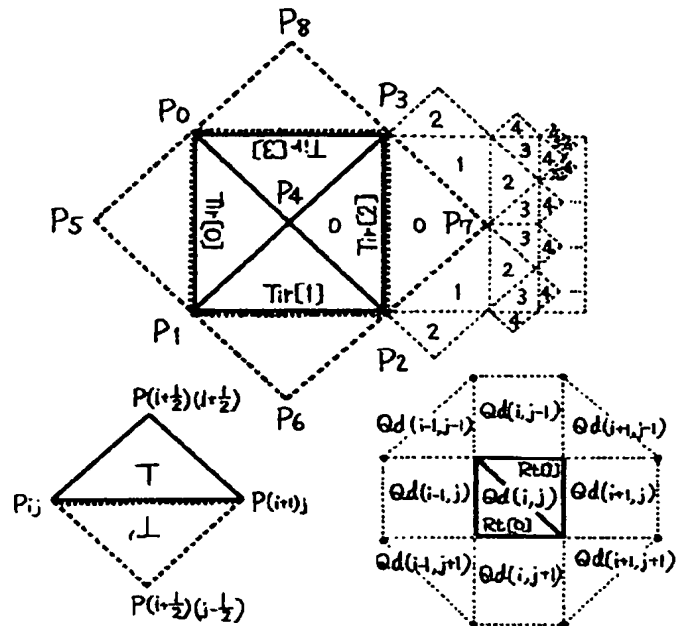
【図2】



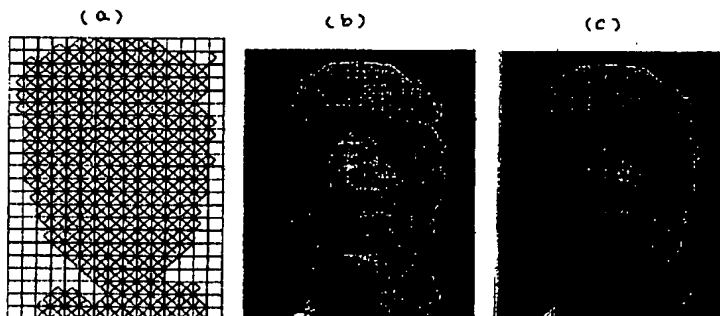
【図3】



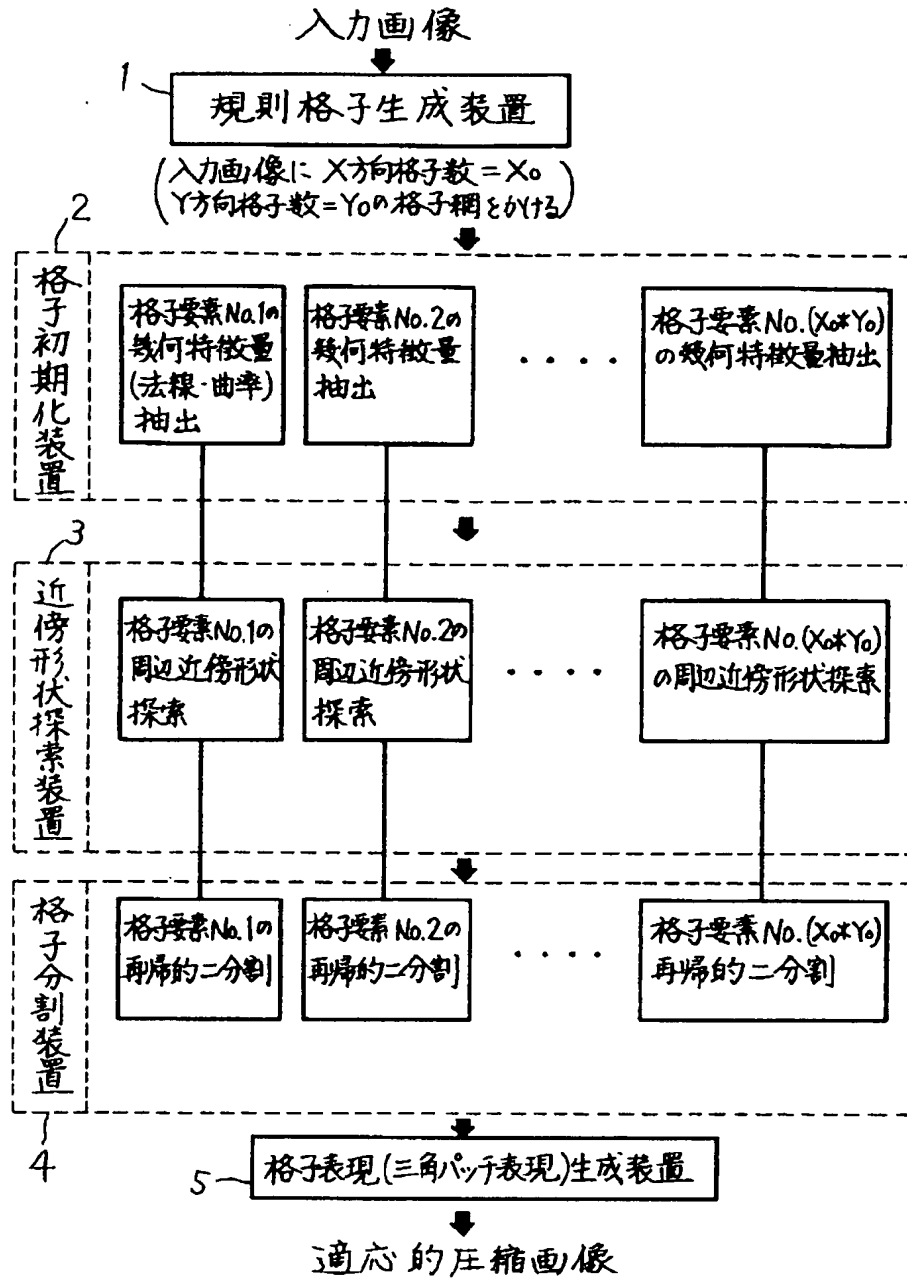
【図4】



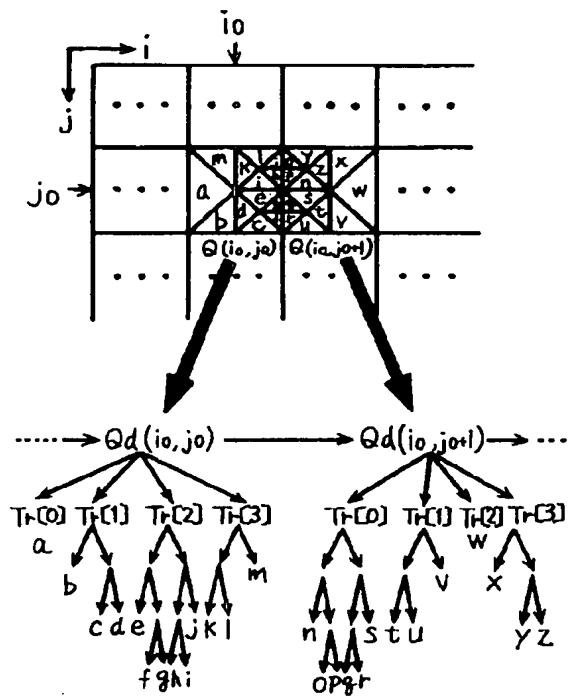
【図8】



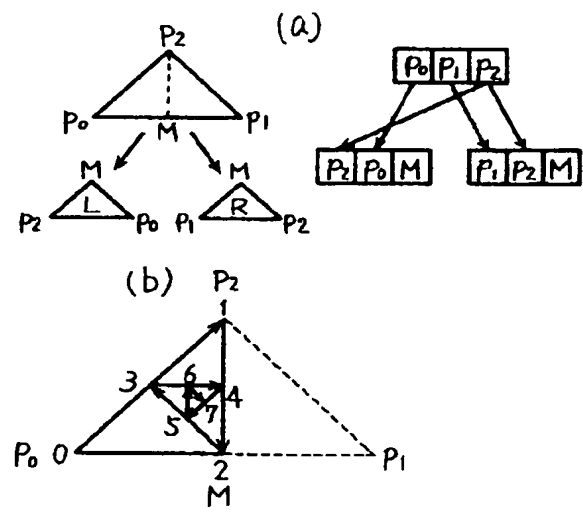
【図1】



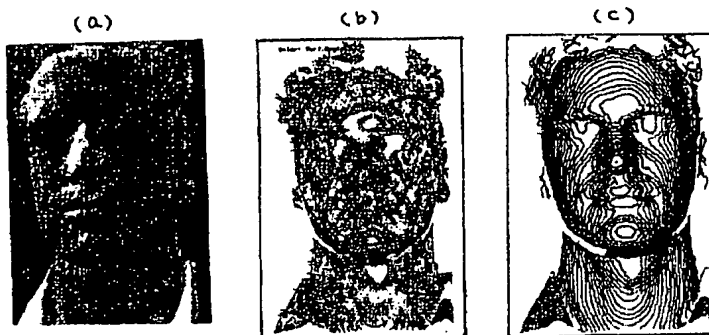
【図5】



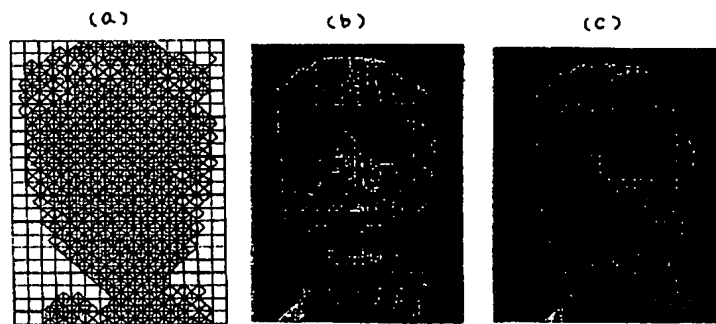
【図6】



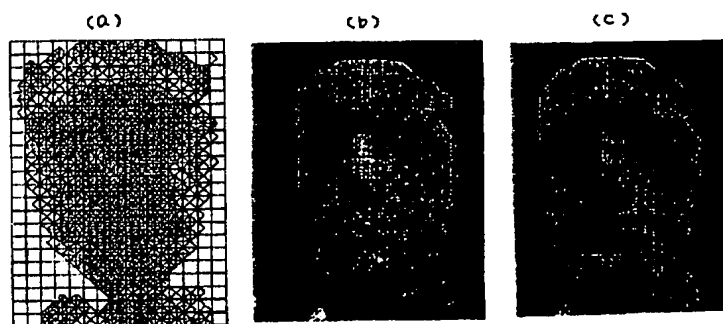
【図7】



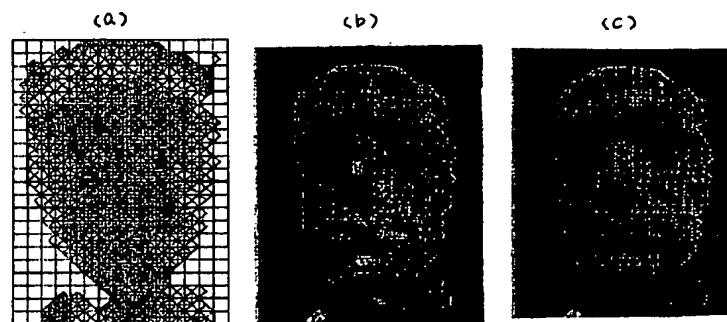
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 岸野 文郎
 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
 番地 株式会社エイ・ティ・アール通信シ
 ステム研究所内

(72)発明者 寺島 信義
 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
 番地 株式会社エイ・ティ・アール通信シ
 ステム研究所内